

PAT-NO: JP406037368A  
DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 06037368 A  
TITLE: LASER AND BEAM EXPANDER  
PUBN-DATE: February 10, 1994

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

TANUMA, RYOHEI

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME

FUJI ELECTRIC CO LTD

COUNTRY

N/A

APPL-NO: JP04191188

APPL-DATE: July 20, 1992

INT-CL (IPC): H01S003/02, H01S003/08

ABSTRACT:

PURPOSE: To obtain a laser having a small size and a small beam divergence by disposing a convex cylindrical lens for condensing a laser light only in a lateral direction of a solid slab (YAG slab) in an optical path of a resonator.

CONSTITUTION: A YAG slab laser passes a laser light in a zigzag manner in a YAG slab 1 having opposed optically polished surfaces while repeating a total reflection on the polished surfaces, and comprises a convex cylindrical lens 3 (or an optical element having a function equivalent to that of the lens) so disposed to condense the light only in a lateral direction of the slab 1 that a conical reflecting surface having an apical angle of 90&deg; becomes parallel to a focal line of the lens 3 at a central axis thereof. A light

irradiated  
from the slab 1 to an output side is condensed by the lens 3,  
collimated to a  
parallel beam by a concave axial cone 9, and output from an output  
mirror 9.  
Thus, a slab solid state laser having a small size and a small beam  
divergence  
is obtained.

COPYRIGHT: (C)1994,JPO&Japio

(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-37368

(43)公開日 平成6年(1994)2月10日

(51)Int.Cl. <sup>5</sup>	識別記号	庁内整理番号	FI	技術表示箇所
H01S 3/02 3/08		8934-4M 8934-4M	H01S 3/02 3/08	Z Z

審査請求 未請求 請求項の数3(全5頁)

(21)出願番号 特願平4-191188

(22)出願日 平成4年(1992)7月20日

(71)出願人 000005234

富士電機株式会社

神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号

(72)発明者 田沼 良平

神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号

富士電機株式会社内

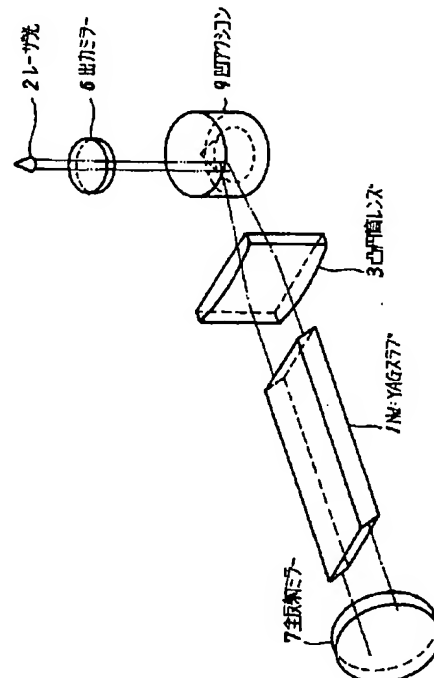
(74)代理人 弁理士 山口 巖

(54)【発明の名称】 レーザ装置およびビームエキスパンダ

(57)【要約】

【目的】対向する光学研磨面を有するスラブ状固体レーザ媒質中をレーザ光が光学研磨面で全反射を繰り返しながらジグザグに進行するレーザ装置、およびレーザダイオードの発光で固体レーザ媒質を励起するレーザ装置として、小型で励起注入のためのレーザ媒質内ビームの広がりが大きく、かつ収差の小さい装置の構成と、このためのビームエキスパンダの構成とを提供する。

【構成】レーザ光がジグザグに進行する装置では、共振器内光路中に凸円筒レンズ3と、頂角が90°の円錐反射面を有する反射体9とを、反射面の中心軸が凸円筒レンズ3の焦点と平行になるように配し、レーザダイオードで励起する装置では、円錐反射面でビームを扇状に広げてレーザ媒質内を通過させる。ビームエキスパンダは凸円筒レンズ3と頂角が90°の円錐反射面を有する反射体9とで構成したものとする。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】対向する光学研磨面を有するスラブ状の固体レーザ媒質中を、レーザ光が前記光学研磨面で全反射を繰り返しながらジグザグに通過するようにしたレーザ装置において、共振器内光路中に、レーザ光をスラブの幅方向にのみ集光するための凸円筒レンズ、あるいはそれと同等の機能を有する光学素子を備えとともに、頂角が $90^\circ$ の円錐反射面をその中心軸が前記光学素子の焦点と平行となるように共振器内光路中に配置したことを特徴とするレーザ装置。

【請求項2】レーザダイオードが発光する光でレーザ共振器内の固体レーザ媒質を励起してレーザ光を発振させるレーザ装置において、頂角が $90^\circ$ でその中心軸が光学軸と平行となるような円錐反射面を共振器内に配設し、共振器内レーザ光を前記円錐反射面で前記中心軸と $90^\circ$ の方向に扇状に反射せしめ、この偏平レーザビームが前記固体レーザ媒質内を通過するようにして、この固体レーザ媒質内において、前記偏平レーザビーム内に前記励起光を注入することを特徴とするレーザ装置。

【請求項3】凸円筒レンズ、あるいはそれと同等の機能を有する光学素子と、頂角が $90^\circ$ の円錐反射面とを有し、前記円錐反射面の中心軸が前記光学素子の焦点と平行となるように両者を配置したことを特徴とするビームエキスパンダ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、固体レーザ装置およびその光学素子に関する。

## 【0002】

【従来の技術】YAGレーザを代表とする固体レーザは、小型で使いやすい反面、熱レンズ効果等、レーザ媒質内で発生する熱に起因する光学特性の不均一性が高ビーム品質での発振を困難にしている。これを解決する方法として、スラブ状の固体レーザ媒質を用いる方法が注目されている。例えばNd:YAGスラブレーザでは、図3に示すように、Nd:YAGスラブ1の対向する2面を光学研磨し、レーザ光2は研磨面（励起面）で全反射を繰り返してジグザグに進む。これにより結晶の厚み方向（y方向）に発生する温度分布の影響が除去される。一方側面（非励起面）は断熱状態とすることにより、幅方向（x方向）の温度分布が均一化される。したがってスラブレーザは従来のロッド型固体レーザに比べてはるかに熱の影響を受けにくい。

【0003】一般に、ビーム拡がりを小さくしようとすると、レーザの性能は結晶の光学特性変化の影響を受けやすくなるため、熱の影響が大きい場合には、限られた条件以外では目標の性能を維持することが困難になる。しかしスラブレーザは熱の影響が小さいため、ビーム拡がりを小さくするための共振器構成を採用することができ

【0004】ビーム拡がりを小さくするためには、共振器長と結晶幅の比を大きくすれば良い。しかしスラブレーザでは結晶幅が大きいので、この方法でx方向のビーム拡がり角を小さくすることは困難である。そこで共振器内にビームエキスパンダを挿入する方法が用いられる。図4の凸円筒レンズと凹円筒レンズとで構成されるビームエキスパンダはx方向のビーム幅を変化させる。一種の望遠鏡であるビームエキスパンダをスラブ側から覗くと全反射ミラーが遠くに見えることを考えれば分かるように、ビームエキスパンダは共振器長を長くしたのと同等の効果をもたらす。よってこの方法によりx方向のビーム拡がりを小さくすることが可能になる。同様の方法は図5のようなプリズム8を用いても可能である。

【0005】固体レーザの熱の問題を解決する方法として注目されている技術として、励起源にLD（レーザダイオード）を用いる方法がある。従来から固体レーザ励起用に用いられる放電管の発光スペクトルは紫外から赤外領域まで広く分布しているが、LDは線スペクトルを有し、その波長をレーザ媒質の励起に都合のよい値に調節することができる。そのためLD励起固体レーザは効率が高く、熱に起因する問題も少ない。

【0006】LDを励起源として用いた場合のもう一つの特徴は、励起光を小さなスポットに集光できるため、最も直径の小さい基本モードビームの中に励起光を注入することにより、基本モード発振が可能となり、きわめて拡がりの小さいレーザ光を発振することができる。しかしながら、LDも出力の大きなものになると発光点が大きくなり、特に多数の発光点を線状に並べたアレイ構造のものとなると、励起光を微小スポットに集光するのが困難になる。そこで共振器内レーザビームを偏平ビームに拡大し、拡大された部分に励起光を注入する方法が知られている。具体的には上記のスラブレーザと同様、円筒レンズを用いる方法も可能であるが、放物面での反射を用いる方法も公知である（特願平2-41968号参照）。

【0007】上記の2つの技術では、レーザビームを一方方向にのみ拡大、あるいは縮小する光学素子が重要な役割を果たしている。この種のビームエキスパンダは、このほかレーザを溶接に利用するためにレーザ光を線状に集光する場合等にも重要な役割を果たす。

## 【0008】

【発明が解決しようとする課題】ビームエキスパンダをスラブレーザに用いる場合、その拡大率Mが大きい程ビーム拡がりを小さくすることができる。 $f_P$ を凸レンズの焦点距離、 $f_N$ を凹レンズの焦点距離とすると $M = f_P / f_N$ と表せるから、Mを大きくするためには、 $f_P$ を大きくするか $f_N$ を小さくすればよい。ところが、 $f_P$ を大きくすると、凸レンズと凹レンズとの間隔を大きくする必要があり装置が大型化する。一方、 $f_N$ を小さ

くするとレンズの収差が大きくなるという問題を生じる。プリズムを用いる場合も、1つのプリズムの拡大率は小さいため、Mを大きくしようすると多数のプリズムが必要になり、大型の装置が必要になる。

【0009】これらの問題はLD励起固体レーザーの場合も同様である。この場合、基本モードのビーム径は200 $\mu$ m程度であるから、これをLDアレイの幅(約10mm)まで広げるためには、M=50とする必要があり、通常のレンズペアでこれを実現するのは難しい。上記の放物面反射面を用いる方法はMを大きくするためには都合が良いが、放物面加工を光学的に十分な面粗さで加工するのは実際には難しい。

【0010】上記の課題はビームエキスパンドを他の目的に用いる場合も同様で、Mを大きく取ろうとするとレンズ間距離が大きくなり、装置が大型になる。第1発明の目的は、スラブ型固体レーザー装置において、小型でMが大きく、かつ収差の小さいビームエキスパンドを提供し、ビーム拡がり角の小さいレーザー光の発振を可能にすることにある。

【0011】第2発明の目的は、LD励起固体レーザー装置において、小型でMが大きく、かつ収差の小さいビームエキスパンドを提供し、ビーム拡がり角の小さいレーザー光の発振を可能にすることにある。第3の発明の目的は、レーザー加工等に広く応用できる、小型でMが大きく、かつ収差の小さいビームエキスパンドを提供することにある。

【0012】

【課題を解決するための手段】第1発明の目的は、対向する光学研磨面を有するスラブ状の固体レーザー媒質中を、レーザー光が前記光学研磨面で全反射を繰り返しながらジグザグに通過するようにしたスラブレーザーにおいて、共振器内光路中に、レーザー光をスラブの幅方向にのみ集光するための凸円筒レンズ、あるいはそれと同等の機能を有する光学素子を備えとともに、頂角が90°の円錐反射面をその中心軸が前記光学素子の焦点と平行となるように共振器内光路中に配置することにより達成される。

【0013】第2の発明の目的は、LDが発光する光でレーザー共振器内の固体レーザー媒質を励起してレーザー光を発振させるレーザー装置において、頂角が90°でその中心軸が光学軸と平行となるような円錐反射面を共振器内に配設し、共振器内レーザー光を前記円錐反射面で前記中心軸と90°の方向に扇状に反射せしめ、この偏平レーザービームが前記固体レーザー媒質内を通過するようにして、この固体レーザー媒質内において、前記偏平レーザービーム内に前記励起光を注入することにより達成される。

【0014】第3の発明の目的は、凸円筒レンズ、あるいはそれと同等の機能を有する光学素子と、頂角90°の円錐反射面とを有し、前記円錐反射面の中心軸が前記光学素子の焦点と平行となるように両者を配置すること

により達成される。

【0015】

【作用】本発明の作用を図6により説明する。今、図に示すような頂角90°の円錐状くぼみを有するレンズ(凹アクシコン)9の円錐反射面に対し、この円錐の中心軸Cと平行に進んできたレーザー光2がこの面で反射される場合を考える。反射の様子を中心軸Cに対して垂直方向Bからながめると、光は90°方向に反射するかの如く見える。これに対し中心軸Cと平行方向Aからながめると、光は円弧状にひろがるように見える。すなわち円錐面は凹円柱レンズと同等の機能を果たしていることがわかる。光は厳密に円錐中心軸Cを曲率中心とする円弧として広がるから収差は生じない。さらに入射光を円錐頂点付近に入射することにより、光を大きく広げることができるため、この原理を用いることにより、小型で拡大率Mの大きいビームエキスパンドを製作することができる。

【0016】もちろん図7に示すような凸アクシコン10を用いても同様の効果が得られる。

【0017】

【実施例】以下実施例に基づき本発明を詳細に説明する。図1は第1発明の実施例である。図中1はYAGスラブ、9は凹アクシコン、7は全反射ミラー、3は凸円筒レンズ、6は出力ミラーである。この実施例では、図示してない励起ランプからの光でYAGスラブが励起されてレーザーが発振する。YAGスラブの中ではレーザー光の幅はスラブの幅にほぼ等しい。スラブ内で光はジグザグ光路を進むが、この図ではその様子は示していない。YAGスラブから出力側へた光は凸円筒レンズ3で集光され、凹アクシコン9で平行光にコリメートされた後、出力ミラー6から出力される。この実施例で、凸円筒レンズ3と凹アクシコン9で構成されるビームエキスパンドは、高次モードの除去と出力レーザービーム径を小さくする2つの役割を果たしている。

【0018】図2は第2発明の実施例である。図中、図1と同一番号は同一名称を表している。この実施例では、レーザー光は凹アクシコン9で一方向にのみ広げられた後YAGスラブに入射し、全反射面12で反射した後、凹円筒ミラー11で反射される。励起光13はこの図に示してないLDアレイで発せられ、図に示したごとく、YAGスラブ内の全反射面から、線状に見えるレーザー光部分に入射される。低次のモードほどこの線状部分の幅が狭くなるため、励起光を基本モードの幅以下の線幅に集光して注入することにより、基本モード発振が可能となる。図1、図2は、第3発明の実施例でもある。いずれも、ビームエキスパンドの構成要素としてスラブ状レーザー媒質、ここではNd:YAGスラブ1の出力ミラー6側に頂角が90°の円錐反射面をもつ反射体(凹アクシコン9)を備えている。特に図1の実施例では、凹アクシコン9に加え凸円筒レンズ3を備え、レーザー光を

5

線状に集光して溶接に応用するなど、広い分野での応用を可能にしている。

【0019】

【発明の効果】第1発明によれば、小型でビーム拡がりの小さなスラブ固体レーザー装置を提供することができる。第2発明によれば、小型でビーム拡がりの小さなLD励起固体レーザー装置を提供することができる。第3発明によれば、小型で拡大率の大きなビームエキスパンダを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】第1発明の実施例を示すレーザー装置構成図

【図2】第2発明の実施例を示すレーザー装置構成図

6

【図3】スラブ状固体レーザー媒質の構造原理図

【図4】従来の第1の例によるビームエキスパンダ内蔵のスラブ型レーザー装置の構成図

【図5】従来の第2の例によるビームエキスパンダ内蔵のスラブ型レーザー装置の構成図

【図6】レーザービームの円錐面での反射状態の説明図

【図7】レーザービームの円錐面での反射状態の説明図

【符号の説明】

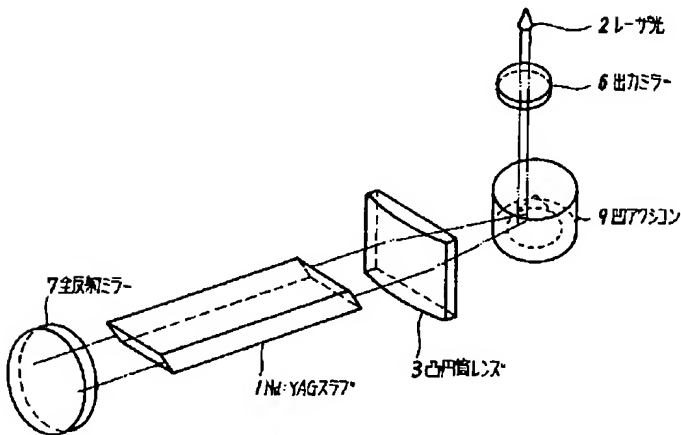
1 Nd:YAGスラブ

10 3 凸円筒レンズ

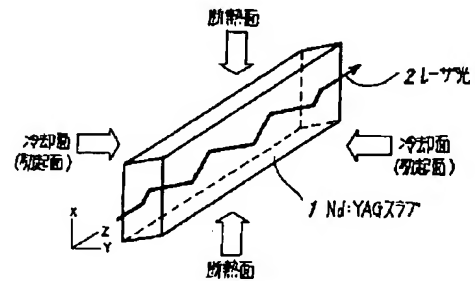
9 凹アキシコン

11 凹円筒ミラー

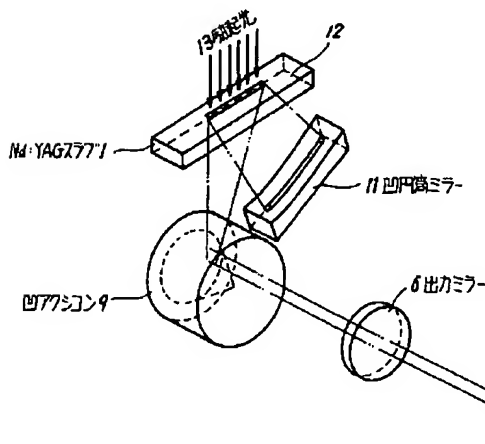
【図1】



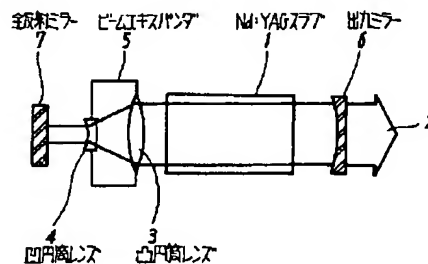
【図3】



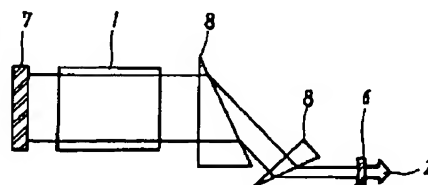
【図2】



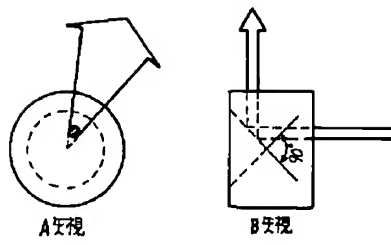
【図4】



【図5】



【図6】



【図7】

